

УДК 621.981

*Розглядається технологія виготовлення тонкостінних теплопередавальних гнутих елементів різноманітної конфігурації для теплообмінних апаратів. Технологія передбачає послідовну локальну формозміну заготовки при впливі поздовжньої розтягувальної сили. Приведені технологічні схеми профілювання і профілювальна установка*

*Ключові слова: технологія, виготовлення, тонкостінні, гнуті, елементи, теплообмінні апарати*

*Rассматривается технология изготовления тонкостенных теплопередающих гнутых элементов разнообразной конфигурации для теплообменных аппаратов. Технология предусматривает последовательное локальное формоизменение заготовки при действии продольной растягивающей силы. Приведены технологические схемы профилирования и профилирующая установка*

*Ключевые слова: технология, изготовление, тонкостенные, гнутые, элементы, теплообменные аппараты*

*Technology of making of the thin-walled heat-transmitting bent elements of various configurations for heat-exchange vehicles is considered. Technology foresees successive local deformation purveyances at the action of longitudinal stretching force. The flowsheets of profiling and profiling setting are resulted*

*Key words: technology, making, thin-walled, bent elements, heat-exchange vehicles*

# ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ГНУТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ГТУ ГИБКОЙ С ПРОДОЛЬНЫМ РАСТЯЖЕНИЕМ

**А. В. Новошицкий**

Старший преподаватель  
Кафедра технологии судового машиностроения  
Национальный университет кораблестроения имени  
адмирала Макарова  
пр. Героев Сталинграда, 9, г. Николаев, Украина, 54025  
Контактный тел.: 8 (067) 718-80-06  
E-mail: anton2002@mksat.net

## 1. Введение

Совершенствование конструкций теплообменных аппаратов для снижения массогабаритных показателей возможно при использовании более рациональных геометрических параметров поверхностей теплообмена, сформированных из тонкостенных профильных элементов необходимой конфигурации.

### Современное состояние проблемы

Традиционные технологии профилирования прокаткой и штамповкой являются энергоемкими и в ряде случаев не могут обеспечить необходимое качество профильных элементов из современных высокопрочных труднодеформируемых материалов.

### Нерешенная часть проблемы

Для обеспечения возможности изготовления современных экономичных теплообменных аппаратов необходима разработка новых эффективных способов изготовления тонкостенных теплопередающих элементов.

### Цель работы

Разработка технологии изготовления сложнопрофильных тонкостенных элементов локальным силовым воздействием с продольным растяжением.

### Основной материал исследования

## 2. Технологические схемы профилирования

Разработанная технология профилирования предусматривает деформирование и зажим концевых участков плоской заготовки в захватах соответствующей формы силой  $F_{\Pi}$ , приложение продольной растягивающей нагрузки  $F_z$ , создающей в заготовке напряжения, близкие к пределу текучести, и последующее формоизменение заготовки при перемещении каретки с профилирующим инструментом от одного захвата к другому усилием  $F_T$  (рис. 1).

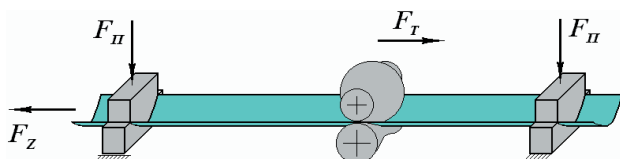


Рис. 1. Способ изготовления профиля

В результате приложения растягивающей нагрузки к заготовке многократно снижается необходимый для ее профилирования изгибающий момент, упругое пружинение, а также силы, действующие на заготовку. Формоизменение заготовки обусловлено, как показано при теоретическом анализе, тангенциальными пластическими деформациями сжатия, и в местах изгиба не происходит существенного утонения материала. При этом энергозатраты для формообразования профиля существенно уменьшаются [1...5].

Создание растягивающей нагрузки обеспечивает оптимальные условия формообразования профиля. При её действии полки профиля приобретают прямолинейную форму. Продольные пластические деформации от поперечного изгиба заготовки компенсируются в результате ее некоторого пластического растяжения. Этим предупреждается появление продольной изогнутости, а также продольной скрученности даже при формировании профилей с несимметричным поперечным сечением. В случае необходимости, повышенная точность профилей может быть достигнута последующим упругопластическим растяжением изготовленного профиля, как при правке растяжением.

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны технологические схемы формообразования тонкостенных профилей с продольным растяжением [6...12].

При изготовлении гнутых профилей могут использоваться штучные заготовки или рулонный материал.

Возможно изготовление профилей в автоматизированном непрерывно-циклическом режиме [6]. В этом случае заготовка 1 подается из рулона 5, зажимается в захватах неподвижной 2 и тянущей 3 зажимных головах профилирующей машины. Тянущей головкой в заготовке создаются постоянные напряжения растяжения. В результате перемещения роликов 4 осуществляется формирование профиля. Затем после разжима захватов, готовый профиль с помощью захватов 6 вытаскивается. При повторении рабочего цикла изготавливается последующий участок профиля. Профиль необходимой длины отрезается (рис. 2).

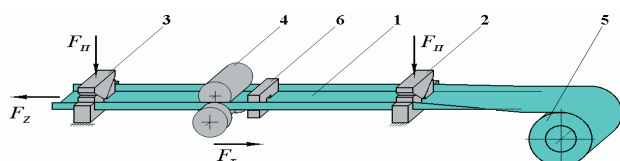


Рис. 2. Способ изготовления профилей в непрерывно-циклическом режиме

Изготовление профилей с продольными гофрами и с малыми радиусами кривизны в местах изгиба может осуществляться с помощью роликов, установленны-

ми перед захватами (рис. 3). Такой способ позволяет изготавливать высокоточные профили с различной формой поперечного сечения [6, 7].

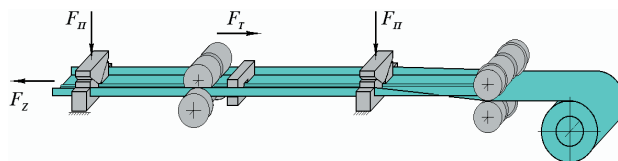


Рис. 3. Способ изготовления профилей с продольными гофрами

Возможно изготовление профилей с плоскими концевыми участками или с концевыми участками, на которых нанесены поперечные ребра жесткости. Кромки концевых захватов могут быть выполнены с отбортовкой, которая может использоваться для соединения профилей при сборке теплообменников (рис. 4).

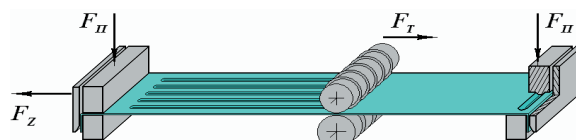


Рис. 4. Способ изготовления профилей с плоскими концевыми участками

Предварительное приложение к плоской заготовке растягивающей нагрузки позволяет изготавливать высокоточные рифленные профили.

Профили с периодически повторяющимися гофрами могут быть получены при использовании профилирующих роликов соответствующей формы (рис. 5).

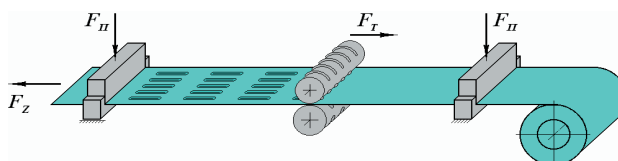


Рис. 5. Способ изготовления профилей с периодически повторяющимися гофрами

Рассматриваемая технология позволяет изготавливать также профили с продольными криволинейными гофрами [8]. Такой способ изготовления профилей представлен на рис. 6.

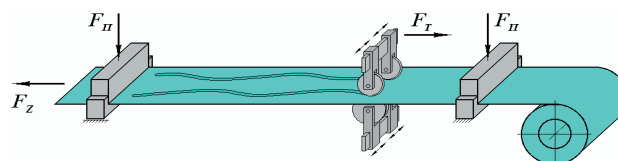


Рис. 6. Способ изготовления профилей с продольными криволинейными гофрами

На рис. 7 показан процесс изготовления рифленных профилей со сфероидальными выступами, позволяющие создавать поверхности теплообмена повышенной турбулентности [9].

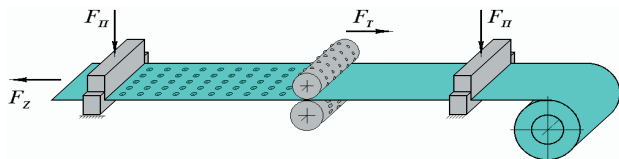


Рис. 7. Способ изготовления рифленых профилей со сфероидальными выступами

В этом случае на одном из роликов выполняются сферические выступы, а на другом соответствующие впадины. На заготовке сфероидальные выступы могут быть нанесены с параллельным или шахматным расположением.

Возможно также изготовление профилей с продольной и сложной кривизной [10...12].

### 3. Профилирующая установка

Для осуществления приведенных способов профилирования разработаны профилирующие установки для изготовления профилей с шириной заготовки 100 и 200 мм [6, 10]. Профилирующая установка для изготовления профилей с шириной заготовки до 100 мм показана на рис. 8.

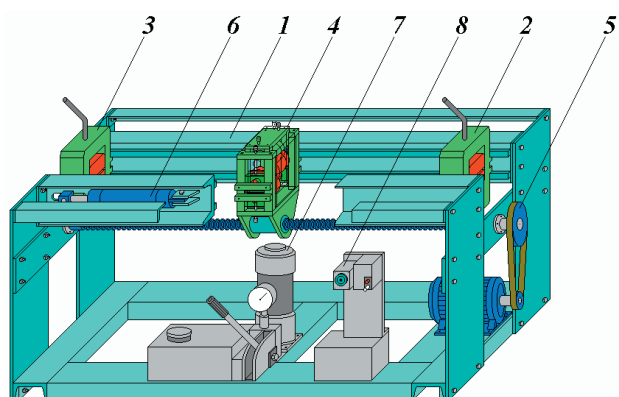
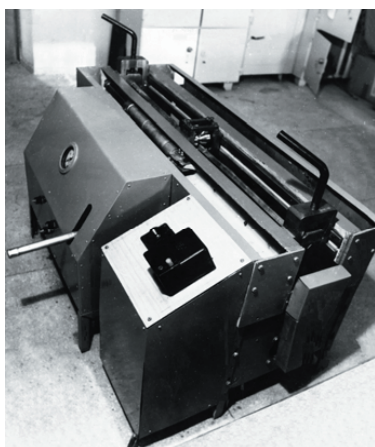


Рис. 8. Профилирующая установка

Профилирующая установка состоит из следующих составных частей: 1 – корпус, 2 – головка зажимная неподвижная, 3 – головка зажимная тянущая, 4 – каретка, 5 – механизм перемещения каретки, 6 – гидроцилиндры, 7 – гидростанция, 8 – пульт управления.

На установке изготавливались угольники, швеллеры, корытные профили, С-образные, профили, а также профили с полукруглой и круглой незамкнутой формой поперечного сечения, а также гофрированные и рифленые профили.

Тонкостенные гнутые профили и соответствующая оснастка представлены на рис. 9.

В качестве заготовок использовались полосы толщиной 0,15...1 мм из малоуглеродистых и нержавеющей сталей, медных и алюминиевых сплавов. Предельные отклонения размеров и формы профилей были в пределах установленными стандартами.

Профилирующая установка для осуществления данной технологии обладает меньшими массогабаритными параметрами по сравнению с прессами и роликовыми профилегибочными станами. Ее использование исключает использование крупногабаритной штамповой оснастки.



Рис. 9. Гнутые профили и соответствующая технологическая оснастка

Некоторые формы профилирующих роликов приведены на рис. 10.



Рис. 10. Профилирующие ролики

#### 4. Профили для теплообменников

Разработанные способы профилирования обеспечивают возможность изготовления разнообразных теплопередающих элементов минимальной толщины и любой длины для теплообменников.

Технология позволяет изготавливать замкнутые профили с применением последующей сварки для трубчатых теплообменников.

Тонкостенные профили могут использоваться как заготовки для изготовления пластинчатых теплообменников.

Для пластинчатых теплообменников могут применяться гофрированные гнутые профили волнистого типа, с периодически повторяющимися гофрами круглой или трапециидальной формы, рифленые профили, а также профили с поперечными гофрами и отогнутыми концевыми участками (рис. 11).

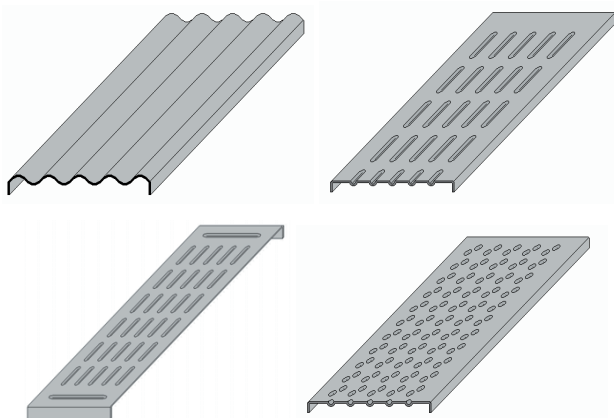


Рис. 11. Гофрированные гнутые профили

При различных сочетаниях профилей могут быть разработаны эффективные теплопередающие поверхности теплообменников в том числе многослойные гофровые панели состоящие из плоских или гофрированных наружных листов, соединенных внутренним гофрированным элементом с помощью лазерной, электроннолучевой или контактной роликовой сварки (рис. 12).

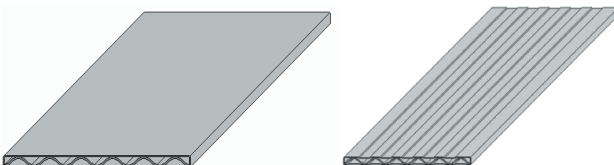


Рис. 12. Гофровые панели

#### Выводы

Разработанная технология обеспечивает возможность изготовления высокоточных тонкостенных профильных элементов с различной конфигурацией для формирования эффективных теплопередающих поверхностей теплообменников.

#### Литература

1. Соловьев С. Н., Новошицкий А. В. Упругопластический изгиб полосы с продольным растяжением // Збірник наукових праць УДМУ. – Миколаїв: УДМУ, 2001. – № 2 (374). – С. 91 – 96.
2. Новошицкий А. В. Упругопластический изгиб с продольным растяжением полосы с учетом упрочнения материала // Збірник наукових праць УДМУ. – Миколаїв: УДМУ, 2003. – № 5 (391). – С. 81 – 87.
3. Новошицкий А. В. Пружнопластичний згин штаби з подовжнім розтягом // Машинознавство. – Львів: Кінпатрі ЛТД. – 2003. – № 12 (78). С. 14 – 16.
4. Соловьев С. Н., Новошицкий А. В. Энергосберегающая технология изготовления элементов тонкостенных конструкций судового оборудования // Тези допов. Сучасні проблеми суднової енергетики: матеріали міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів, молодих вчених та молодих спеціалістів. – Миколаїв: УДМУ, 2003. – С.177-178.
5. Новошицкий А. В. Работа при упругопластическом изгибе полосы с продольным растяжением // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2008. – №5 (422) – С. 60 – 65.
6. Деклараційний патент на винахід 43149А Україна. Розтяжна машина / С. М. Соловйов, А. В. Новошицький. – Заявлено 12.03.2001.; Опубл. 15.11.2001. Бюл. № 10, 2001 р.
7. Деклараційний патент на винахід 44451А Україна. Спосіб виготовлення гнутих профілів / С. М. Соловйов, А. В. Новошицький. – Заявлено 12.03.2001.; Опубл. 15.02.2002. Бюл. № 2, 2002 р.
8. Патент на винахід №79279 Україна. Спосіб виготовлення гнутих профілів з подовжніми криволінійними гофрами / С. М. Соловйов, А. В. Новошицький. – Заявлено 25.10.04.; Опубл. 11.06.2007., Бюл. № 8, 2007.
9. Патент на винахід №79278 Україна. Спосіб виготовлення рифлених профілів / С. М. Соловйов, А. В. Новошицький. – Заявлено 25.10.04.; Опубл. 11.06.2007., Бюл. № 8, 2007.
10. Деклараційний патент на винахід 55029А Україна. Розтяжна машина / С. М. Соловйов, А. В. Новошицький. – Заявлено 17.06.02.; Опубл. 17.03.2003. Бюл. № 3, 2003.
11. Деклараційний патент на винахід 55030А Україна. Спосіб виготовлення гнутих профілів з подовжньою кривизною / С. М. Соловйов, А. В. Новошицький. – Заявлено 17.06.02.; Опубл. 17.03.2003. Бюл. № 3, 2003 р.
12. Патент на винахід №79280 Україна. Спосіб виготовлення гнутих профілів із складною подовжньою кривизною / С. М. Соловйов, А. В. Новошицький. – Заявлено 25.10.04.; Опубл. 11.06.2007., Бюл. № 8, 2007.